

TUULETTUVAN ALAPOHJARAKENTEN KOSTEUS- JA VAURIOTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri AMK

syksy, 2019

Jari Kakko

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Hamk, Visamäki

Tekijä	Jari Kakko	Vuosi 2019
Työn nimi	Tuulettuvan alapohjarakenteen kosteus- ja vauriotekninen tutkiminen	
Työn ohjaaja/t	Hannu Fagerlund, Sakari Salmi	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää case-kohteen tuulettuvan alapohjarakenteen toimivuutta tarkastelemalla ryömintätilan olosuhteita ja aiheutuneita vaurioita. Alapohjan tutkimusten dokumentoinnin tueksi on kiinteistöstä vastaavalle taholle laadittu tutkimusseloste, tutkimusraportti ja ohjekortti. Työn tilaajana oli Polygon Finland Oy, jonka päätoimialaa on pääasiassa kiinteistövahinkojen korjaus, tilapäiset kosteudenhallintaratkaisut ja sisäilmapalvelut. Tutkimuksen kohteena oli rakennus, jonka sisätiloissa pohjaratkaisun keskeisellä alueella on ilmennyt sisäilmaongelmia.

Työssä kuvataan rakennuksen ryömintätilaan tehtyä tutkimusprosessia ja alapohjarakenteiden nykyhetken kuntoa. Lisäksi havainnoidaan tuuletuksen pinta-aloja ja ryömintätilan olosuhteita. Maankosteuden leviämistä ja alapohjarakenteen rakennusfysikaalista toimintaa tarkastellaan teoriassa.

Keskeisenä sisältönä on tuottaa työn tilaajalle kootusti sellaista lisätietoa, josta olisi tarkoituksenmukaista hyötyä mahdollisten korjaus- ja perusparannustöiden suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Alapohjan ryömintätilassa havaitut olosuhteet ja vauriot johtuvat puutteellisesta tuuleduksesta, maasta nousevasta kosteuskuormasta ja ryömintätilaan jätetystä orgaanisesta materiaalista.

Opinnäytetyö vahvistaa käsitystäni siitä, että kohteen tuulettuvaksi tarkoitettun alapohjarakenteen tämänhetkisen toimivuuden selvittäminen on ensiarvoisen tärkeää suunniteltaessa vaurioituneiden rakenteiden korjaustoimenpiteitä.

Avainsanat Tutkimusprosessin kuvaus, alapohjan tuuletus, maakosteus, olosuhteet, sisäilmaongelma

Sivut 35 sivua

Name of degree programme

Campus

Author

Jari Kakko

Year 2019**Subject**

Ventilated undercarriage structure moisture and damage research

Supervisors

Hannu Fagerlund, Sakari Salmi

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the functioning of a ventilated base floor structure by inspecting the conditions and damages in the crawlspace of a case building. To support documenting the studies, a study description, study report and instruction card has been compiled for the entity responsible for the property. The client of the work was Polygon Finland Oy, whose main activities are property damage repairs, temporary moisture control solutions and indoor air services. In the building under the study there had appeared indoor air problems in the central area of the floor plan.

In this work the study process of the building crawlspace is described as well as the current condition of the base floor structure. Additionally, notes are made on the ventilated surface areas and crawlspace conditions. Ground moisture propagation and floor base structure building physical functioning is considered on a theoretical level.

The central aim is to generate for the client in a collected manner the kind of information that would be useful in the planning and realization stages of the repair and modernization work. The conditions and problems observed in the base floor crawlspace arise from inadequate ventilation, ground moisture load and organic material that has been left in the crawlspace.

This thesis reinforces my view that inspecting the functioning of the building floor base structure that is meant to be ventilated is of primary importance when making plans to repair damaged structures.

Keywords

Description of the research process, bottom ventilation, ground moisture, conditions, indoor air problem

Pages

35 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	TUTKIMUSKOHTTEEN KUVAUS.....	5
2.1	Kohteen yleistiedot	5
2.2	Rakennuksen sisäilman paine-erot	6
2.3	Tutkimusten rajaus.....	8
2.4	Havainnot sisäilmaongelma-alueesta	8
3	TUTKIMUSPROSESSIN KUVAUS	10
4	ALAPOHJARAKENTTEEN RYÖMINTÄTILAN OLOSUHTEET	11
4.1	Tuulettuva alapohjarakenne	11
4.2	Alapohjan leikkaus	12
4.3	Ryömintätilallisen alapohjan osa-alueet.....	12
4.3.1	Alue A.....	13
4.3.2	Alue B.....	14
4.3.3	Alue C.....	18
4.3.4	Alue D	21
4.3.5	Alue E.....	23
5	RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA	25
5.1	Rakennusfysikaaliset tutkimukset.....	25
5.2	Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate	26
5.3	Kosteuslähteet	26
5.4	Kosteuspitoisuuden muodostuminen rakenteisiin	27
5.5	Maakosteuden leviäminen.....	27
6	RYÖMINTÄTILAN TUULETUS.....	27
6.1	Ryömintätilan tuuletuksen määräykset	27
6.2	Tuuletuspaalujen sijainti	28
6.3	Tuuletuspaalujen pinta-alat	28
7	POHDINNOT.....	30
8	YHTEENVETO	32
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET	33
	LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Rakennuksien eri rakennusosia peruskorjataan tarpeen mukaan, kuitenkin yleensä 10–30 vuoden välein, mm. vesikatot, julkisivut, sisäremontit. Rakennuksen rakennusosista alapohjarakenteisiin kohdistuu kuitenkin eniten jatkuvaa kosteusrasitusta. Tuulettuvaksi tarkoitettu ryömintätilainen alapohja on oikein tehtynä toimiva perusratkaisu, joka tarjoaa erilaisia mahdollisuuksia koko rakennuksen käyttöänsä ajan, mm. talotekniikan myöhemmän käyttötarpeiden mukaan tehtävän muunneltavuuden ja mahdollisten alapohjarakenteen alapuolisten tarkastuskäyntien osalta. Oikein mitoitettu tuuletus kuljettaa tuuletustilaan muodostuvaa vesihöyryä ulos rakenteesta. Tällöin ylimääräistä kosteuskuormaa ei pääse synty-
mään.

Rakennuksen käyttötarve saattaa myös myöhemminä vuosina kasvaa niin suureksi, että pitää tehdä laajennuksia, jopa useampia. Tällöin pitää ottaa huomioon aiemmin rakennetun ryömintätilallisen alapohjan tuuletus, miten sen on tarkoitus toimia ja miten se on mitoitettu. Jossakin tapauksessa ryömintätilojen tuuletukset kannattaa pitää erillään toisistaan. Joskus taas voi olla parempi ratkaisu yhdistää tuuletettavat tilat yhdeksi kokonaisuudeksi. Ratkaisun tekemiseen voivat vaikuttaa alapohjarakenteen yläpuolella olevat tilaratkaisut.

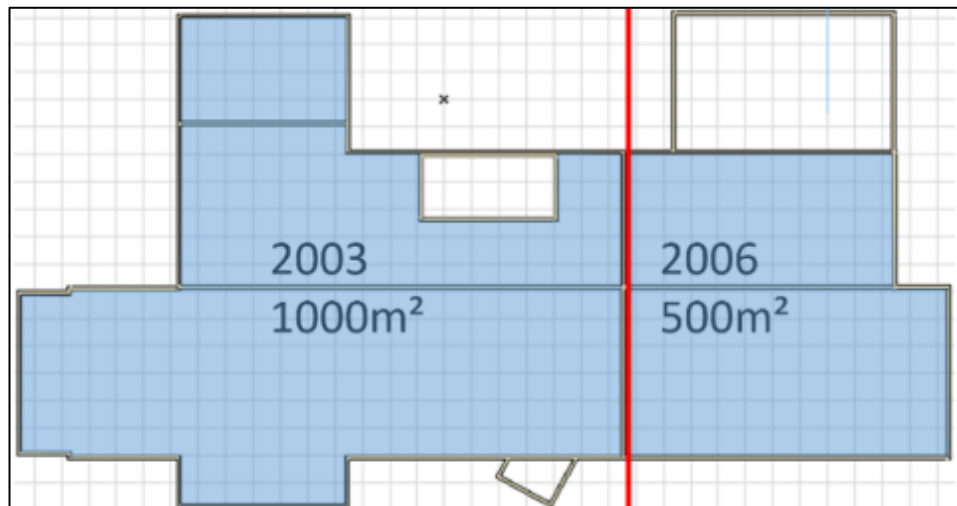
Kun rakenne toimii, se on käyttäjilleen oireeton, eikä tarvita kosteus- ja vaurioteknistä tutkimusta. Tässä tutkimuskohteessa tilojen käyttäjät ovat oireilleet eri tavoin ja aistineet maakellarityyppistä hajuhaittaa.

Tämä alapohjatutkimus valikoitui kiinnostavuutensa ja sen ajankohtaisuuden vuoksi opinnäytetyön aiheeksi. Aihe oli ajankohtainen samaan aikaan suoritettavan (KVKT) kosteusvaurion kuntotutkijakoulutuksen työssäoppimisjakson myötä, jonka aikana tutkimukset suoritettiin eri tutkimuskäynneillä talvisissa olosuhteissa 2018 joulukuun ja 2019 helmikuun välisenä aikana.

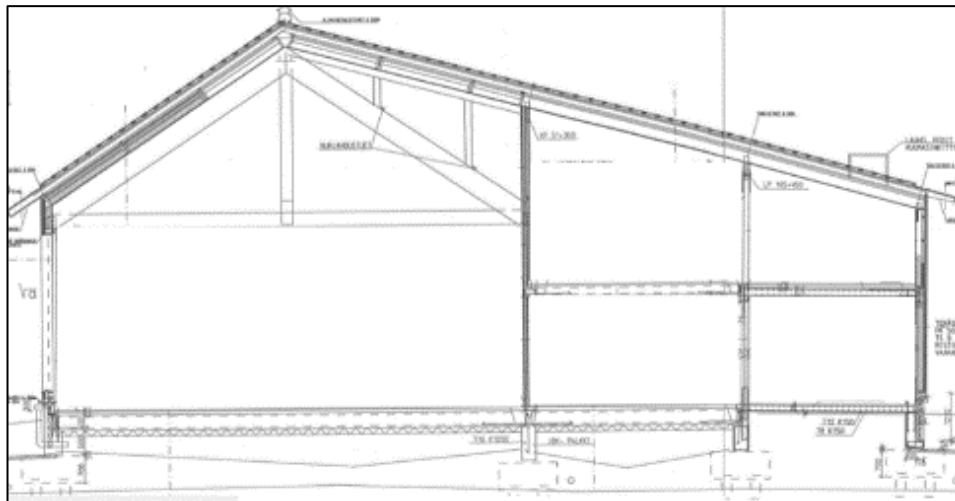
2 TUTKIMUSKOHTTEEN KUVAUS

2.1 Kohteen yleistiedot

Tutkimuskohde on rakennettu 2003 ja laajennettu vuonna 2006 (kuva 1). Alapohjakuvasssa sinisellä merkitty alue on tuulettuvalla ryömintätilalla varustettu ontelobetoni-laattarakenne. Ulkoseinät ovat pääosin puurankarakenteisia, osin lasitetu-
tuja. Ilmanvaihtona on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, tehostus kohde-
poistopuhaltimilla. Rakennuksen pohjapinta-ala on n. 1500m².



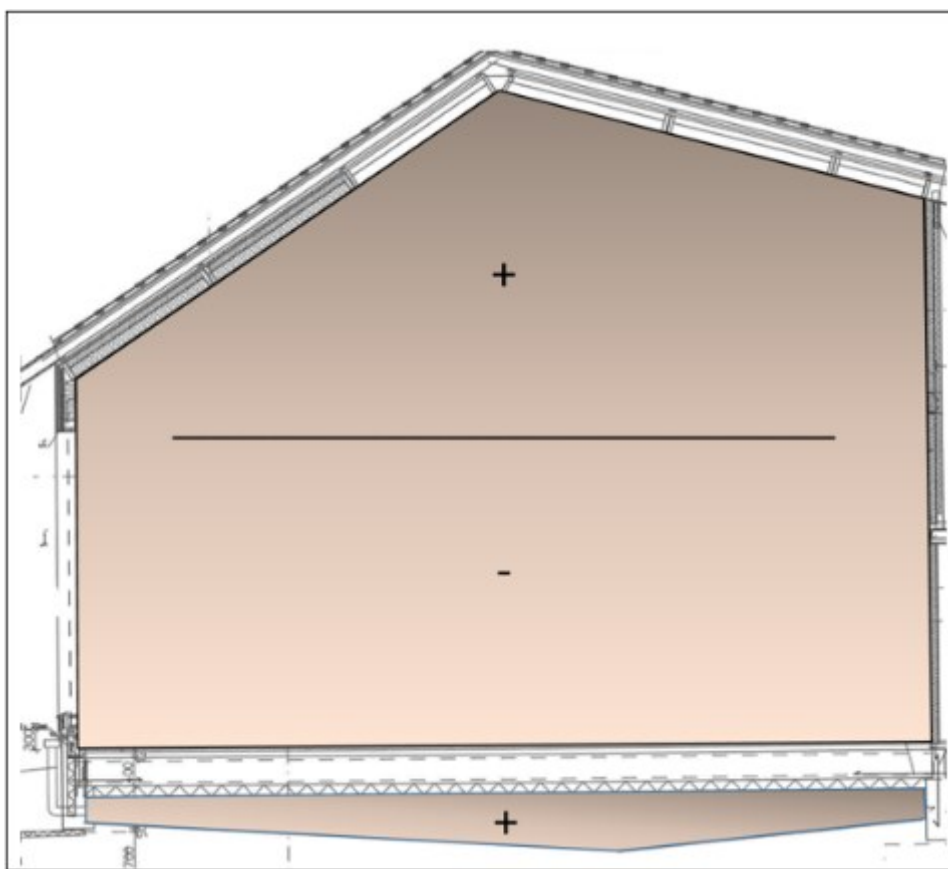
Kuva 1. Alapohjakuva



Kuva 2. Leikkauskuva (Polygon/sisäilmapalvelut).

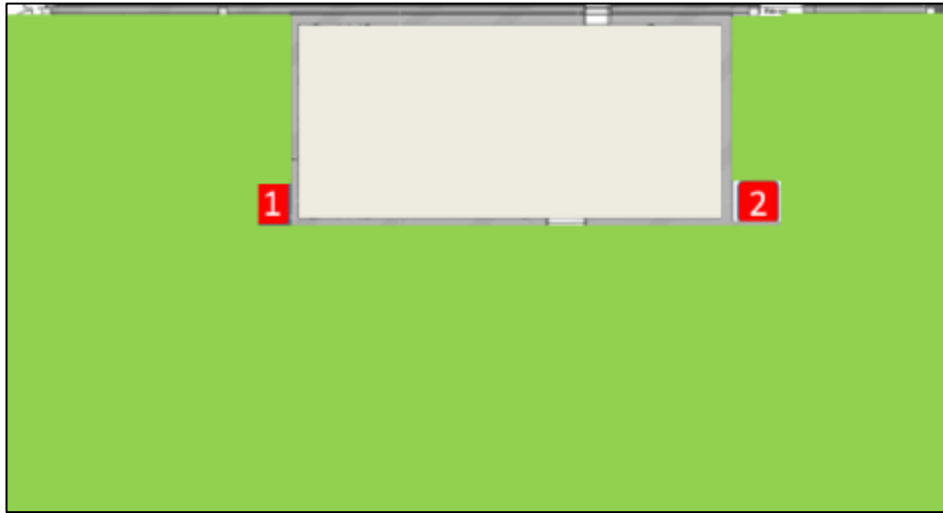
2.2 Rakennuksen sisäilman paine-erot

Rakennuksen ilmanvaihto on säädetty niin tarkasti uudelleen, kuin se on käytännössä mahdollista. Sisätilojen oleskeluvyöhykkeellä on alipainetta ulkoilmaan nähden 0–10 Pa. Neutraaliakselilla sisä- ja ulkopuolen välinen paine-ero on 0 Pa. Neutraaliakselin sijaintia on käytännössä vaikea tarkkaan määrittää, koska sen sijainti riippuu rakennuksen vaipan epätiiviyiskohtien korkeusasemista ja niiden virtausvastuksista, jotka voivat vaihdella satunnaisesti rakennuksessa esim. sisäilmayhdistys- ja ilmanpaine-erojen vuoksi. Rakennuksen lähes yhdeksän metrin vapaan korkeuden vuoksi paine-erojen neutraaliakseli on n. 3,5–4 metrin korkeudessa, jolloin ylempänä on ylipainetta (Kuva 3). Suuren korkeuseron vuoksi alipaine on suurimmillaan aivan lattian rajassa. Tuulettuvan ryömintätilan ja ulkoilman välinen paine-ero on 0 Pa, mutta alapohjarakenteen ala- ja yläpuolinen paine-ero on jatkuvasti sellaista, että ryömintätilassa on ylipainetta 2–10 Pa vaihteluvälillä.



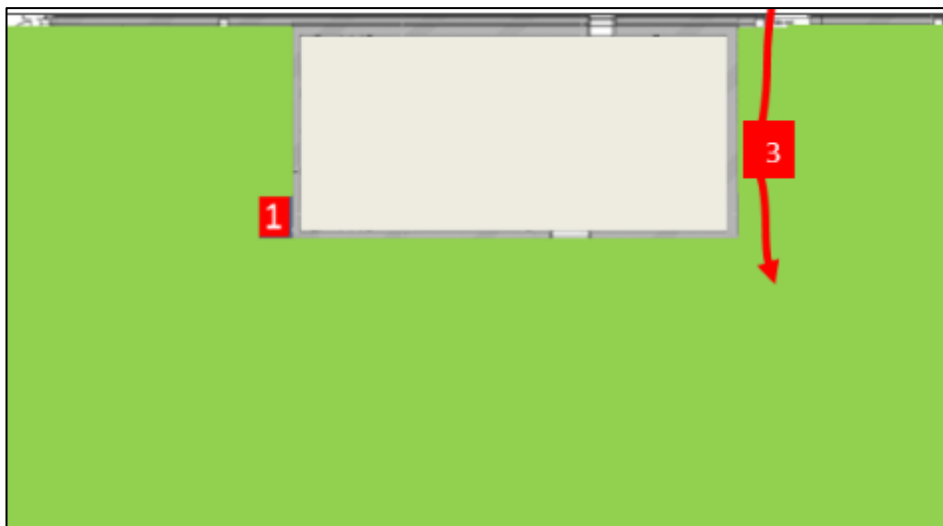
Kuva 3. Painesuhteet rakennuksessa ja alapohjassa

Alapohjarakenteen läpi paine-eroa mittaamaan asennettiin kaksi dataloggeria (kuva 4). Dataloggeri 1 mittaa tuuletustilan ja keittiön välistä paine-eroa. Dataloggeri 2 mittaa tuuletustilan ja toimiston välistä paine-eroa normaalissa käyttötilanteessa, jolloin toimiston ovi on yleensä kiinni.



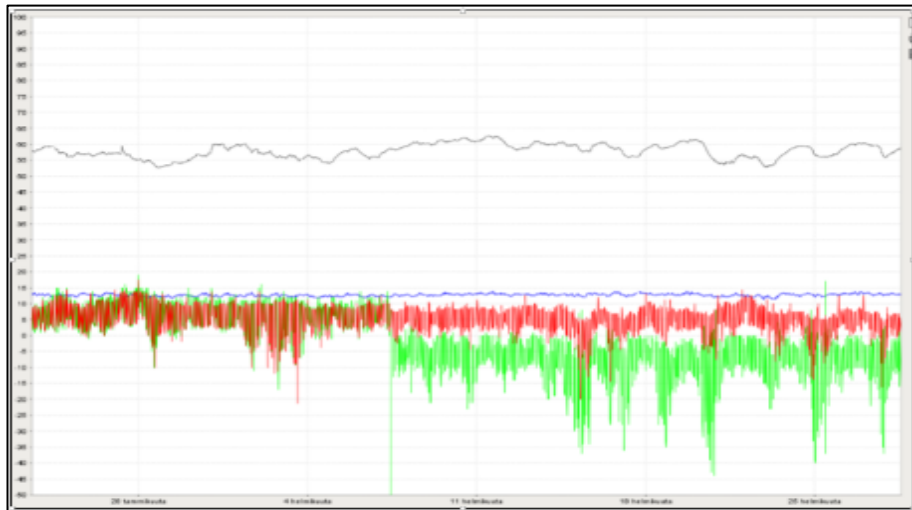
Kuva 4. Alkuperäiset mittauspisteet ongelma-alueella

Tammikuun pituisen mittausajanjakson jälkeen dataloggeri 2 siirrettiin mittamaan keittiön kapean käytävän ja ulkoilman välistä paine-eroa (kuva 5).



Kuva 5. Mittauspiste 2 muutettiin mittauspisteeksi 3

Kuvassa 6. punainen käyrä kuvaa alapohjarakenteen ala- ja yläpuolen välistä paine-eroa keittiön mittauspisteessä 1. Ryömintätilassa on 2–10 pascalin ylipaine keittiön sisäilmaan nähden. Mittauspisteen muutos on havaittavissa vihreän käyrän äkillisestä suuresta muutoksesta. Käyrän alkuosa kuvaa alapohjarakenteen ala- ja yläpuolen välistä paine-eroa toimiston mittauspisteessä 2, jolloin ryömintätilassa on 2–12 pascalin ylipaine toimiston sisäilmaan nähden. Mittauspisteen muutoksen jälkeen vihreä käyrä kuvaa keittiön käytävän sisäilman painesuhdetta, joka on 0–15 pascalia alipaineisempi ulkoilmaan nähden. Tuulen vaikutus jälkimmäisen mittauksen suureen vaihtelevuuteen on ilmeinen.



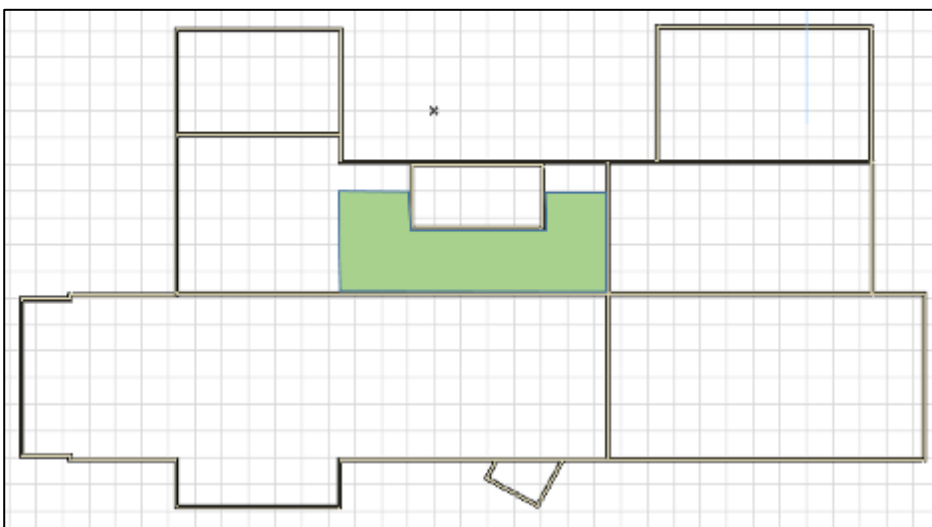
Kuva 6. Olosuhdemittaukset

2.3 Tutkimusten rajaus

Tutkimukset rajattiin koskemaan sisätilojen ja alapohjan painesuhteiden havainnointia, sisäilman ja alapohjan olosuhteiden seurantaa seurantalaitteilla sekä ryömintätilan kautta tehtyyn rakenteita rikkomattomaan tutkimuskäyntiin. Tutkimuskäynnin aikana selvitettiin alapohjarakenteen toimivuutta tarkastelemalla olosuhteita ja aiheutuneita vaurioita.

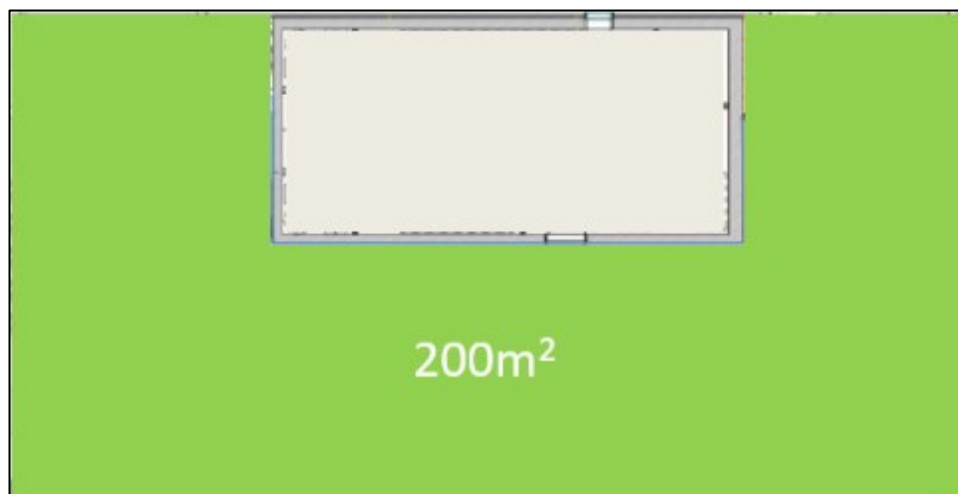
2.4 Havainnot sisäilmaongelma-alueesta

Pohjakuvaan on merkitty vihreällä värillä n. 120 m² alue, jossa osa rakennuksen käyttäjistä on kokenut sisäilmaongelmaan viittaavaa maakellarityyppistä hajuhaittaa, oireilua tai ärsytystä (kuva 7).



Kuva 7. Alue, jossa on havaittu sisäilmaongelmia

Kuva 7. näkyy vihreäksi värjätty alue, joka on skaalattu suuremmaksi Kuva 8. Alueella on useita kohdepoistoja. Kohdepoistojen vaikutusalueelle ei ole järjestetty erillistä korvausilmaa. Alueen alapohjarakenteissa on myös runsaasti erityyppisiä läpivientejä. Rakennuksessa tapahtuviin ilmavirtauksiin vaikuttaa painesuhteiden lisäksi rakenteiden ilmatiiviys. Ennen kuin ilmavirtauksia voi tapahtua, rakenteissa ja rakennuksessa on oltava virtausreittejä, joita pitkin ilma voi virrata. Tyypillisinä ilman virtausreitteinä ovat rakenteiden saumat, halkeamat, läpiviennit sekä tarkistus- ja kulkuluukut. Rakennuksessa olevat LVIS-asennuskuilut ja putkikanaalit voivat myös toimia ilmankulkureitteinä. (Sisäilmayhdistys 2008b.) Harmaa alue keskellä on maanvaraisella lattiarakenteella (kuva 8). Tämän alueen yläpuolisissa tiloissa ei ollut havaintoja sisäilmaongelmasta.



Kuva 8. Alueen käyttöaste on suurinta kiinteiden työpisteiden takia muuhun rakennukseen verrattuna

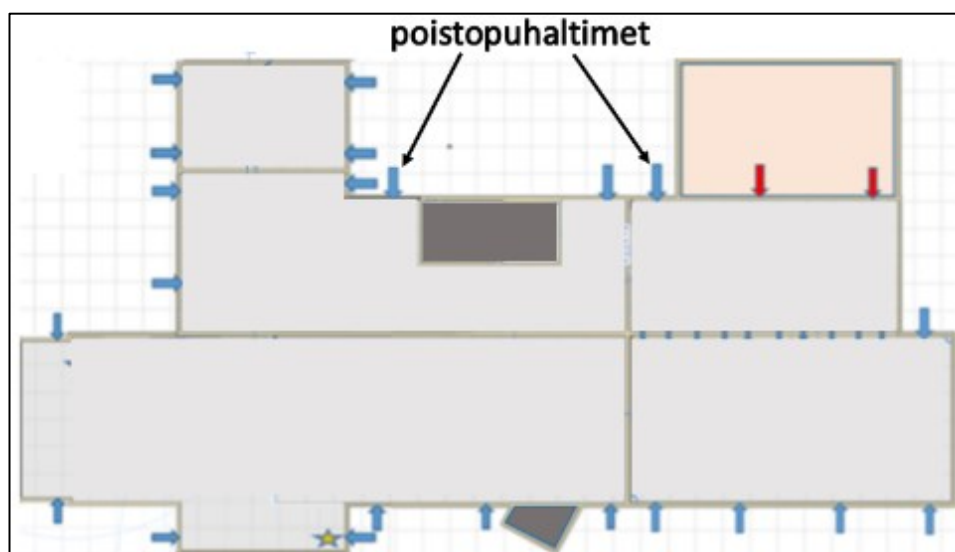
Sisäilma yleisesti vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen, terveyteen ja tuottavuuteen. Terveystahittojen syntyyn vaikuttavat altisteen laatu ja pitoisuus sekä altistumisaian pituus. Hyvän sisäilmaston laatuksiteeri on, ettei käyttäjä koe ympäristössä oireita. Sisäilmaongelma liitetään usein kosteus- ja homevaurioon, vaikka sisäilmaongelmalla voi olla muitakin syitä. Jos rakennuksessa todetaan sisäilmaongelmia, mutta rakennuksesta ei löydy näkyvää hometta, kosteusvaurioiden aiheuttamaa tyypillistä homeen hajua, näkyviä kosteusvauriojälkiä eikä rakennuksen historiassa tiedetä olleen kosteusvaurioita, on harkittava sisäilmaston kuntotutkimuksen tekemistä. (Sisäilmayhdistys 2008c.)

3 TUTKIMUSPROSESSIN KUVAUS

Tilaajan yhteydenottoa seuranneella kohdekäynnillä selvitettiin rakenneratkaisut ja taustatiedot lähtötiedoiksi. Sisäilmaoireista tehdyn suullisen haastattelun perusteella tutkimukset kohdistettiin alapohjan ryömintätilaan. Näiden tietojen perusteella laadittiin tutkimussuunnitelma (liite 1) jonka mukaan kohteen tutkimuksia ja muita toimenpiteitä päätettiin suorittaa vaiheittain, tilaajan tarpeiden mukaisesti. Rakennukseen asennettiin tutkimusten alkuvaiheessa olosuhteiden seuraamista varten mittalaitteita, joiden avulla selvitettiin sisäilman ja ulkoilman välistä paine-eroa ongelma-alueella sekä ryömintätilan olosuhteita, lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja alapohjarakenteen ala- ja yläpuolella valitsevaa paine-eroa. Paine-eromittauksen avulla havainnoitiin ilman liikettä. Alapohjan kahden tuuletuspaalun ulkopuolelle asennettiin väliaikaiseksi ratkaisuksi tarkoitetut poistopuhaltimet. Puhaltimien sijoituksessa huomioitiin rakennuksen sisällä oleva ongelma-alue (kuvat 7, 8 ja 10). Puhaltimien avulla saadaan alapohjan tuuletustilan ilma liikkumaan tehokkaammin tuuletustilasta pois päin (kuva 9).



Kuva 9. Säänkestävä kotelo ja STRONG 600 -poistopuhallin



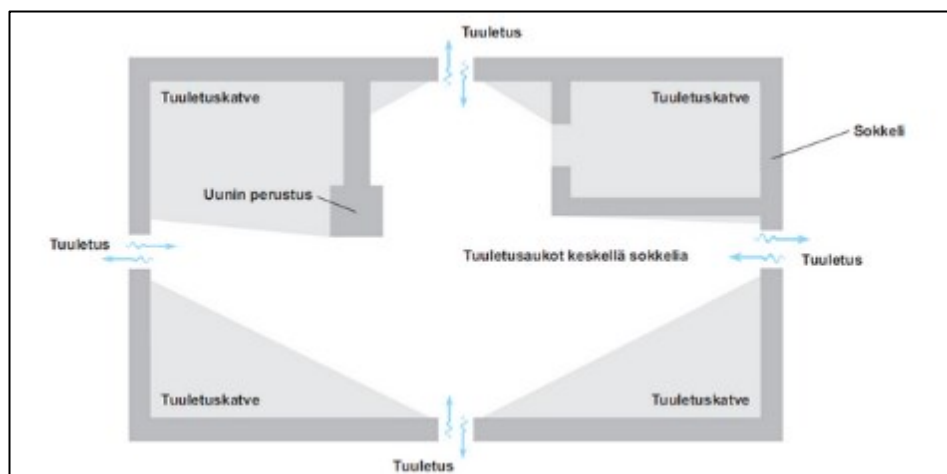
Kuva 10. Poistopuhaltimien sijainnit

Poistopuhaltimilla ei ollut hetkellisessä paine-erojen mittaustarkastelussa vaikutusta tuulettutilassa vallinneeseen ylipaineeseen. Tilaajan kanssa sovittiin ajankohta ryömintätilaan tehtävälle tutkimuskäynnille, jolloin yksi sisäänkäynti rakennukseen oli kulkuluukun sijainnin ja epäpuhtauksien kulkeutumisen estämiseksi tutkimuspäivän ajan kokonaan pois käytöstä. Ryömintätilaan meni työturvallisuuden varmistamiseksi kaksi tutkijaa. Henkilökohtaisina suojavarusteina olivat mm. ylipainemaski varustettuna P2-luokan suodattimilla sekä suojahaalarit. Tuulettutilassa tehtyjen havaintojen dokumentointi tapahtui kattavasti riittävän tehokkaan valaistuksen turvin GoPro-videokameralla. Aistinvaraisesti havainnoitiin olosuhteita, vaurioita ja puutteita, jotka koostettiin videomateriaalista mm. tutkimuslapseksi sekä tutkimusraporttimuotoon.

4 ALAPOHJARAKENTEN RYÖMINTÄTILAN OLOSUHTEET

4.1 Tuulettuva alapohjarakenne

Tutkimuskohteessa on tuulettuva ryömintätalallinen alapohjarakenne. Tämän rakenteen peruseräite on, että alapohjan ryömintätilaan tulee ilmaa jostakin ja vastaavasti ilmaa poistuu toisaalta, eli ilma kulkee rakenteen läpi.



Kuva 11. Havainnekuva katvealueista (Fise 2018).

Tuuletusilma kerää ryömintätilassa kulkiessaan kosteutta itseensä ja vie sen pois rakenteesta. Samalla tuuletusilma yleensä lämpenee ja sen kosteuden sitomiskyky kasvaa. Täten tuuletusilma pääsääntöisesti kuivattaa rakennetta.

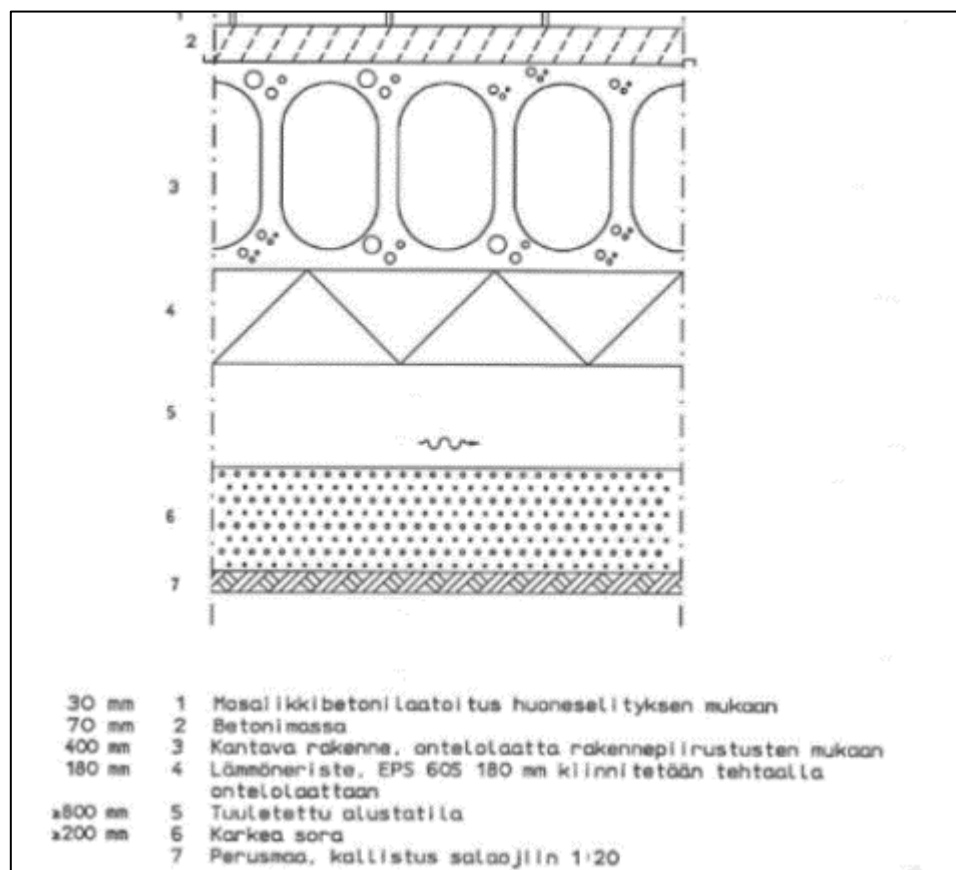
Ryömintätalaisissa alapohjarakenteissa on kuitenkin kesällä ulkoilman lämpötilan ja kosteuspuitoisuuden noustessa mahdollista, että ulkoilman kosteus tiivistyy ryömintätilan rakenteisiin ns. kesäcondenssina. Vastaavasti talvella tähtikirkkaana yönä on mahdollista, että tuuletusilman kosteus härmistyy eli muuttuu vesihöyrystä suoraan huurteeksi esim. alapohjarakenteen alapintaan, koska alapinnan materiaalin lämpötila voi yön vastasäteilyn vaikutuksesta jäähtyä kylmemmäksi kuin ulkoilma. Yleensä ryömintätalaisessa alapohjarakenteessa ilma liikkuu

tavallisimmin tuulen avulla, mutta myös mahdollisesti katolle johtavan poistohormin avulla, jonka tehoa on vielä voitu lisätä poistopuhaltimella. (Sisäilmayhdistys 2008c.)

Tutkittavassa alapohjassa ilmaa liikuttaa tuuli sekä katolle asennettu poistopuhallin.

4.2 Alapohjan leikkaus

Alapohjarakenne on kantava ontelolaattarakenne alapuolisella lämmöneristyksellä (kuva 12). Ryömintätila on suunniteltu tuulettuvaksi tuuletuspaalujen kautta, koska ryömintätila sijaitsee maanpinnan alapuolella. Rakennuksen katolle on asennettu poistopuhallin tehostamaan ryömintätilan ilman vaihtumista.

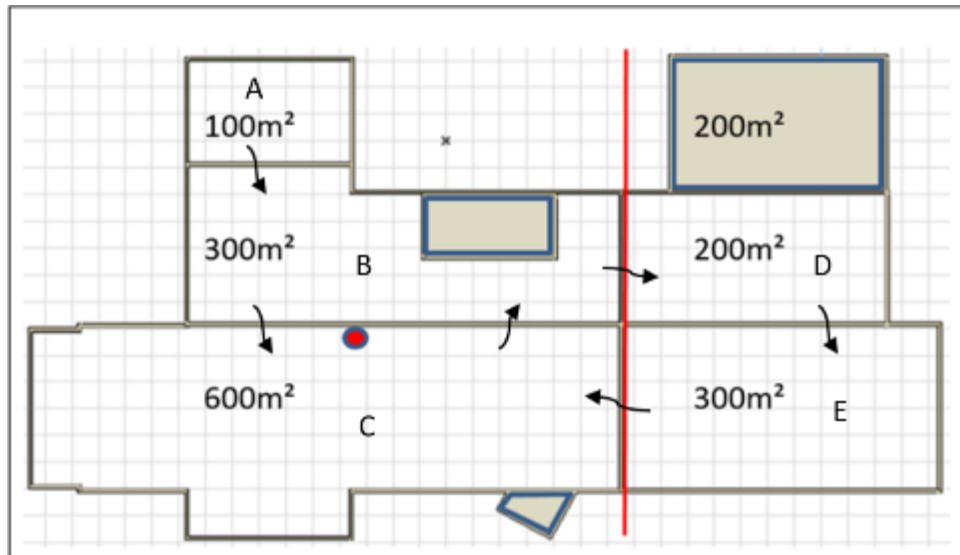


Kuva 12. Alapohjarakenteen leikkauskuva (Polygon/sisäilmapalvelut).

4.3 Ryömintätalallisen alapohjan osa-alueet

Rakennuksen alkuperäinen osa koostuu alueista A, B ja C (kuva 13). Näiden lohkojen pohjapinta-ala on yhteensä n. 1000 m². Tämä rakennusosa, joka on kuvaan merkityn punaisen viivan vasemmalla puolella, on rakennettu vuonna 2003. Tällä alueella kantavien betonisten välipalkkien yläreunoissa ei ole tuuletusreikiä.

Nuolet kuvastavat kohtia, joista pääsee ryömimään kantavan palkkirakenteen alitse. Punaisen pisteen kohdalla on katolle asennetun poistoilmapuhaltimen putken alapää. Tilatarpeiden kasvaessa rakennusta on vuonna 2006 laajennettu (kuva 13, kohdat D ja E), yhteensä n. 500 m². Vielä tämän jälkeen rakennuksen yhteyteen on tehty lähes 200 m² laajennus, joka on toteutettu maanvaraisella lattiarakenteella (kuvassa kohdan D yläpuolella). Harmaalla merkityt alueet ovat maanvaraisia alapohjarakenteita.



Kuva 13. Betonipalkit osastoivat tuulettuvan ryömintätilan lohkoiksi

4.3.1 Alue A

Havainnot ja viat:

Aistinvaraisesti tarkasteltuna maaperä ja olosuhteet ovat kuivat, mutta ilmassa leijaillee runsaasti epäpuhtauksia. Alueella on puisia muottitukia vielä paikallaan ja eristelevyjen saumat ovat tiivistämättä (kuva 14). Maassa on sekä orgaanista että epäorgaanista materiaalia. Lisäksi lämmöneristelevyjä puuttuu sokkelirakenteesta n. 2 m² (kuva 15). Ryömintätilaa osastoiva kantava palkkirakenne on umpinainen lukuun ottamatta palkin alle jätettyä kulkuaukkoa. Maaperän karkean sorastuksen päällä on humuskerros (Kuva 16).



Kuva 14. Puiset tuet paikoillaan ja eristelevyjen saumat tiivistämättä



Kuva 15. Eristelevyjä puuttuu, rakennusjätettä on paljon



Kuva 16. Osastoiva palkkirakenne, epätiiviyiskohtia

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset:

Alueen kuivista olosuhteista päätellen ilma vaihtuu jonkin verran kuljettaen samalla kosteutta pois tilasta. Tekemällä palkkirakenteen yläreunaan tuuletusreikiä pystyisi tuuletuksen toimivuutta parantamaan. Puiset tuet pitää purkaa ja kaikki orgaaniset ja epäorgaaniset rakennusjätteet on siivottava pois. Eristekerrokset on korjattava ja saumat sekä läpiviennit tiivistettävä huolellisesti. Maaperä toimii hyvänä kasvualustana humuskerroksen sisältämille epäpuhtauksille, joten pintamaa on puhdistettava ja jopa vaihdettava niiltä osin, kun se on tekniseltä toteutukseltaan kohtuullisesti tehtävissä. Alustatilaan ei saa jäädä ylimääräistä materiaalia, joka voi toimia terveydelle haitallisten yhdisteiden lähteenä tai mikro-organismien kasvualustana (Rakentamismääräyskokoelma C2 kohta 3.2.3).

4.3.2 Alue B

Havainnot ja viat:

Tämän alueen yläpuolisissa sisätiloissa on sisäilmaongelmiin viittaavia hajuhaitta-havaintoja. Tuuletustilan lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja paine-eroa on mitattu useamman viikon ajan tallentavalla mittalaitteistolla. Paine-eromittarin putken alapää sekä lämpötilaa ja suhteellista kosteutta tallentava laite näkyvät kuvissa 23 ja 26. Aistinvaraisesti tarkasteltuna maaperä ja olosuhteet ovat kuivat, mutta ilmassa leijailee todella runsaasti epäpuhtauksia (kuva 19).

Kuvista 18 ja 23 voi havaita, että alueella on edelleen puisia muottitukia paikoil-laan. Kuvat 19 ja 20 osoittavat, että maassa on sekä orgaanista että epäorgaanista

materiaalia. Käytöstä poistettu viemärilinja on jätetty osittain paikoilleen ja tulpattu huolimattomasti. Lisäksi alapohjasta roikkuu teräviä metallikannakkeita (kuva 17) ja kokonaan tulppaamatta jäänyt viemäriputki (kuva 18).

Ryömintätilaa osastoiva kantava palkkirakenne on umpinainen palkin alle jätettyä kulkuaukkoa lukuun ottamatta (kuva 19). Kuvista 20 ja 25 voi havaita, että niin käytössä olevat kuin käytöstä poistetutkin vesiputket ja sähköjohdot roikkuvat kiinnittämättöminä ryömintätilassa. Kuvassa 22 lämmöneristeissä näkyy vanhoja kuivuneita vuotojälkiä ja tarkastusluukun reunoissa villaa ja muita epäpuhtauksia. Villaa on käytetty myös alapohjan läpivientien tiivistämisessä (kuva 24). Alapohjan eristeissä näkyy vauriokohtia, kuten kuvasta 26 voi havaita.



Kuva 17. Vanha viemärijärjestelmä paikoillaan/purettuna



Kuva 18. Puiset tuet paikoillaan, viemäriputki tulppaamatta



Kuva 19. Maassa ja ilmassa epäpuhtauksia



Kuva 20. Kulkureitillä rakennusjätettä ja sähköjohtoja



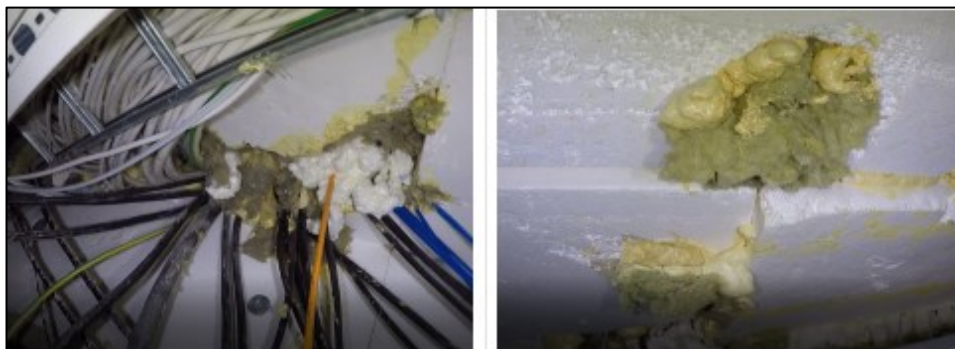
Kuva 21. Putkessa villaa ja uretaania



Kuva 22. Eristelevyssä vanha vuotojälki, villanriekaleita luukun kohdalla



Kuva 23. Rh/°C -mittauslaite, puiset tuet paikoillaan



Kuva 24. Sähköjohtojen läpivientejä on tiivistetty villalla



Kuva 25. Sähkökaapeleita on kannakoimatta



Kuva 26. Paine-eromittarin putken alapää, eristelevyssä vaurio

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset:

Alueen kuivista ja tomuisista olosuhteista päätellen ilma vaihtuu jonkin verran osastoivista palkkirakenteista huolimatta, kuljettaen samalla kosteutta pois tilasta. Tekemällä palkkirakenteen yläreunaan tuuletusreikiä pystyisi tuuletuksen toimivuutta parantamaan. Puiset tuet täytyy purkaa ja kaikki orgaaniset/epäorgaaniset rakennusjätteet on siivottava pois. Tilan selkeyttämiseksi tulevia huoltoja varten pitäisi käytöstä poistettu talotekniikka purkaa pois ja asentaa käytössä olevat putket ja johdot järjestelmällisesti uudelleen ja huolellisesti kannakoiden. Eristekerrokset on korjattava ja saumat ja läpiviennit tiivistettävä erityisen hyvin. Maaperä toimii hyvänä kasvualustana humuskerroksen sisältämille epäpuhtauksille, joten pintamaa on puhdistettava tai jopa vaihdettava niiltä osin, kun se on tekniseltä toteutukseltaan kohtuullisesti tehtävissä.

4.3.3 Alue C

Havainnot ja viat:

Aistinvaraisesti tarkasteltuna maaperä ja olosuhteet ovat kuivat. Ilmassa leijailee vain vähän epäpuhtauksia. Katolle sijoitetun poistopuhaltimen putki on tässä tilassa, mutta putken pää ei tule ontelolaattarakenteen läpi, vaan imee ilmaa myös ontelon sisältä (Kuva 33). Maassa on sekä orgaanista, että epäorgaanista materiaalia (Kuva 28). Kuvista 31, 32 ja 36 ilmenee, että lämmöneristeistä puuttuu paloja ja levyjen saumat ovat saumaamatta. Viemäriputken tuennassa on puutteita (Kuva 28, 31 ja 35) ja sähköjohdot sekä putket ovat osittain tai kokonaan kannakoimatta tai tiivistämättä (Kuva 32, 34, 35 ja 36). Tilassa on vaurioitunut vesijohtoputki, joka jäljistä päätellen on vuotanut pidemmän aikaa, kuten kuvista 29 ja 30 näkyy. Ryömintätilaa osastoiva kantava palkkirakenne on umpinainen. Palkin alla on kulkuaukko ja lisäksi palkin ja maanpinnan välissä on n. 20 cm rako (Kuva 31). Maaperän karkean sorastuksen päälle on osittain muodostunut humuskerros (Kuva 27 ja 28).



Kuva 27. Tilassa on puutavaraa, eristelevyjen saumat tiivistämättä



Kuva 28. Rakennusjätettä, humusta, virheellinen putken kannakointi



Kuva 29. Vesiputken vuotokohta



Kuva 30. Jäljistä päätellen putki on vuotanut jo pidemmän aikaa



Kuva 31. Osastoiva palkkirakenne, putki kannakoitu puuttellisesti



Kuva 32. Eristelevyssä vauriokohta, johdot makaavat maassa



Kuva 33. Poistopuhaltimen putken pää on ontelolaatan sisällä



Kuva 34. Epätiiviyiskohtia, putket ja johdot kannakoimatta



Kuva 35. Putket kannakoimatta tai kannakoitu puutteellisesti



Kuva 36. Saumat tiivistämättä, putket kannakoimatta, vanha vuoto-jälki

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset:

Alueen kuivista olosuhteista päätellen ilma vaihtuu jonkin verran kuljettaen samalla kosteutta pois tilasta. Puiset tuet täytyy purkaa ja kaikki orgaaniset ja epäorgaaniset rakennusjätteet on siivottava pois. Talotekniikan osalta käytössä olevat putket ja johdot on kannakoitava huolellisesti. Poistopuhaltimen putken alapää on esteettömän toiminnan ja parhaan mahdollisen hyötysuhteen saavuttamiseksi jatkettava lattiarakenteen sisältä ryömintätilaan asti. Poistoputki kannattaa jakaa ryömintätilassa vaaka-asennossa esimerkiksi neljään eri suuntaan, jolloin saataisiin parhaiten kohdistettua tasainen imuteho koko alueelle siten, ettei katvealuita pääsisi muodostumaan. Eristekerrokset on korjattava ja saumat ja läpiviennit tiivistettävä huolellisesti. Vuotava putki on korjattava ja läpiviennin korjaustyö on

tehtävä siten, ettei rakenteisiin jää epäpuhtauksia (Kuva 30). Rakennekerrokset pitää tehdä tiiviiksi. Maaperä toimii hyvänä kasvualustana humuskerroksen sisältämille epäpuhtauksille, joten pintamaa on puhdistettava ja jopa vaihdettava niiltä osin, kun se on tekniseltä toteutukseltaan kohtuullisesti tehtävissä.

4.3.4 Alue D

Havainnot ja viat:

Aistinvaraisesti tarkasteltuna maaperä on tummempaa, puutavarassa on näkyviä lahovaurioita (Kuva 40, 41 ja 42). Eristelevyissä on epäpuhtauksia, vanhan vesivuodon jäljet näkyvät tummuneena alueena. Levyjen saumat ja putkiläpiviennit ovat epätiivaita (Kuva 37 ja 38). Tilan keskipalkin yläreunaan on tehty tuuletusaukkoja, jotka ovat osittain puhkomatta (Kuva 39). Tämän tilan kolmesta tuuletuspaalusta kaksi on suljettu, ja ainoaan käytössä olevaan on asennettu poistopuhallin ulkopuolelle (Kuva 39, ja 42). Lämmöneristelevyn putoaminen on estetty väliaikaisella tuella (Kuva 40).



Kuva 37. Putkien läpiviennin kohdalla eristeissä kasvustoa



Kuva 38. Läpivienti ja saumat tiivistämättä



Kuva 39. Eristelevy tukkii keskipalkin ilma-aukkoa, rakennusjätettä



Kuva 40. Putoamaisillaan oleva lämmöneriste on tuettu



Kuva 41. Eristeiden saumoja on tiivistämättä, orgaanista materiaalia



Kuva 42. Puiset muottituet ovat lahonneet, teipattu viemäriputki



Kuva 43. Nuolien osoittamissa kohdissa kulkuaukko, tuuletusaukkoja

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset:

Alueen kosteista olosuhteista päätellen ilma ei vaihdu riittävästi ja tilaan on kertynyt kosteuskuormaa. Kahden tulpatun tuuletuspaalun takia lähes puolet tilan pinta-alasta on ns. katvealueella (Kuva 51). Tuuletustilalla tai -välillä varustetun rakenteen tuuletustilaan tai -väliin johtavien tuuletusaukkojen tai -rakojen on sijaittava niin, että tuuletustila tai -väli on kokonaisuudessaan tuuletusilman virtausreittinä ja että tuuletustilaan tai -väliin ei jää kokonaan suljettuja, tuulettumattomia alueita (Ympäristöministeriön asetus 2018/792). Palkkirakenteen yläreunassa on pieniä tuuletusreikiä, joiden vaikutuksesta kosteat olosuhteet korkeintaan taasaantuvat samanlaisiksi palkin molemmille puolille (Kuva 55). Puiset tuet täytyy purkaa ja kaikki orgaaniset ja epäorgaaniset rakennusjätteet on siivottava pois. Eristekerroksen levyjä on vaihdettava tai korjattava ja saumat ja läpiviennit tiivistettävä huolellisesti. Maaperä toimii hyvänä kasvualustana humuskerroksen sisältämille epäpuhtauksille, joten pintamaa on puhdistettava tai jopa vaihdettava niiltä osin, kun se on tekniseltä toteutukseltaan kohtuullisesti tehtävissä. Suljetut tuuletuspaalut on korvattava sijoittamalla uusia tuuletuspaaluja viereiselle sivulle.

4.3.5 Alue E

Havainnot ja viat:

Aistinvaraisesti tarkasteltuna maaperä ja olosuhteet ovat kosteat. Alapohjan lämmöneristelevyjen saumoja on tiivistämättä ja levyjä on pudonnut tai on putoamaisillaan (Kuva 44, 46, 47 ja 48). Maassa on sekä orgaanista että epäorgaanista materiaalia (Kuva 45). Yksi viemäriputki kulkee koko tilan poikki ja tämän kannakointi on puutteellinen. Putoamaisillaan oleva eristelevy painaa putkea (Kuva 46).



Kuva 44. Viemärin kannakointi puutteellinen, eristelevy irtoamaisillaan



Kuva 45. Orgaanista materiaalia, eristelevy irtoamaisillaan



Kuva 46. Viemärin kannakointi puutteellinen, eristelevy irtoamaisillaan



Kuva 47. Useita eristelevyjä putoamaisillaan alas



Kuva 48. Eristelevyjen kiinnitys on tehty polyuretaanivaahdolla

Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset:

Alueen kosteista olosuhteista päätellen ilma ei vaihdu riittävästi ja tilaan on kertynyt kosteuskuormaa. Palkkirakenteen yläreunassa on pieniä tuuletusreikiä, joiden vaikutuksesta kosteat olosuhteet korkeintaan tasaantuvat samanlaisiksi palkin molemmille puolille (Kuva 55). Kaikki orgaaniset ja epäorgaaniset rakennusjätteet on siivottava pois. Eristekerroksen levyt on kiinnitettävä uudelleen ja saumat sekä läpiviennit tiivistettävä huolellisesti. Rakennuksen vaipan liitoksineen sekä rakennuksen sisä rakenteiden ilmanpitävyyden ja höyrytiiviiden on estettävä rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitallinen vesihöyryn siirtyminen rakenteisiin. Ryömintätilan on tuuletettava. Ryömintätilan kosteus ei saa aiheuttaa haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle (Ympäristöministeriön asetus 2018/792). Maaperä toimii hyvänä kasvualustana humuskerroksen sisältämille epäpuhtauksille, joten pintamaa on puhdistettava tai jopa vaihdettava niiltä osin, kun se on tekniseltä toteutukseltaan kohtuullisesti tehtävissä.

5 RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA

5.1 Rakennusfysikaaliset tutkimukset

Kosteusmittauksilla ja lämpötilamittauksilla selvitetään rakenteiden toimivuutta. Mittauksilla selvitetään, onko kosteus ja lämpötila tavanomaisesta poikkeava niin, että rakenteissa voi tapahtua mikrobikasvua. Mittaustulosten analysointi edellyttää rakenteiden kosteusteknisen toiminnan tuntemista. Mittaukset ja tutkimukset teetetään asiantuntijalla, joka tuntee mittausmenetelmät ja osaa tulkita tulokset oikein. Kuntotutkijoille on tähän kehitteillä koulutus- ja pätevytymisjärjestelmä. Vuodenaikojen väliset erot otetaan mittauksessa huomioon. Ulkoilman vaihteleva kosteus vaikuttaa rakennusosien kuten esimerkiksi ulkoseinän ja ryömintätilallisen alapohjan kosteuteen. Arvioidun vaurion syyn mukaan pyritään valitsemaan mittauksen tulosten arvioinnin kannalta edullinen vuodenaika tai ajankohta seuraa-vasti:

1. Taulukko 1. Tulosten arvioinnissa huomioitava vuodenaikat

diffuusio ja konvektio	talvi, kylmäkausi
kapillaarisesti siirtyvä kosteus rakennuspohjasta	kun pohjavesi on korkealla, sateinen jakso
painovoimalla siirtyvä vesi rakennusosassa	lämmin vuodenaika; voi esiintyä myös talvella suojasäällä
perustusten ja kellarinseinien kosteusvauriot	kevät ja alkukesä, maan sulamisaika

Rakennusosien kosteusolosuhteita mitataan tarvittaessa myös pitkäaikaisesti. Esimerkiksi ryömintätilan kosteutta mitataan pitkäaikaisesti. Painesuhteiden mitauksella selvitetään ilmanpaine-eroja rakennusosien eri puolilla. Tällä arvioidaan epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin ja kosteuden kulkeutumista huoneilmasta rakenteisiin. (Rakennustieto 2019.)

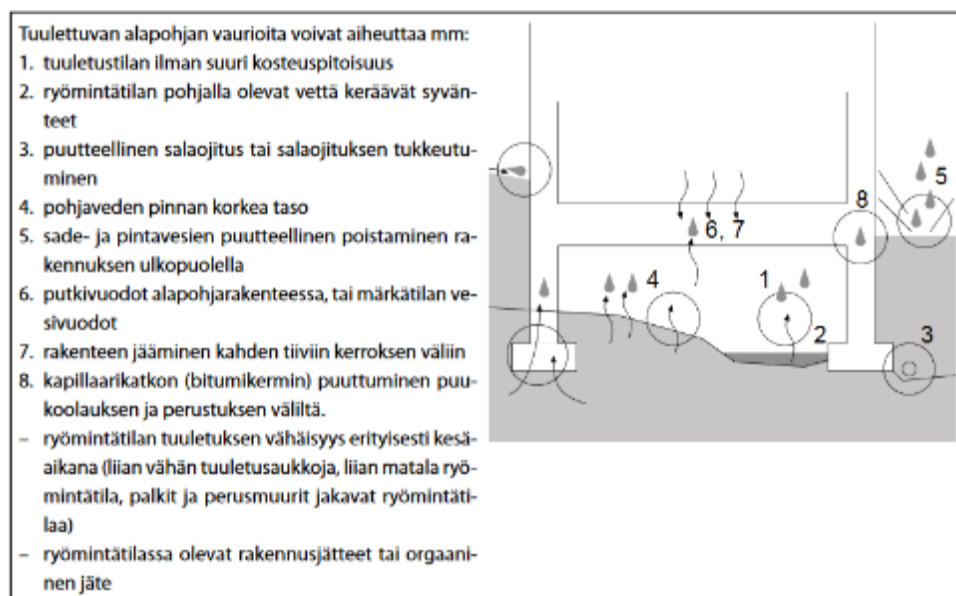
5.2 Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate

Rakenteisiin voi kosteuden seurauksena syntyä mikrobiologisia vaurioita, kuten homehtuminen ja lahoaminen, ja kemiallisia tai fysikaalisia vaurioita, kuten aineiden hajoaminen emissioista ja ruostumisesta johtuen sekä muodonmuutokset. Kosteusvaurioita syntyy, mikäli rakenteen kosteuspitoisuus on liian korkea liian kauan. (Sisäilmayhdistys 2008)

Yksiselitteistä vastausta ei ole kysymykseen, milloin rakenteen kosteuspitoisuus on ollut liian korkea liian kauan. Eri vauriotapahtumat alkavat tapahtua eri kosteuspitoisuuksissa ja eri materiaalit vaurioituvat eri tavalla. Vaurioitumista yleensä nopeuttaa lämpötilan nousu. (Sisäilmayhdistys 2008)

5.3 Kosteuslähteet

Alapuolella olevassa kuvassa on listattuna yleisimmät alapohjan vaurioita aiheuttavat syyt (Kuva 49). Case-kohteessa vaurioiden aiheuttajia oli tuuletustilan ilman suuri kosteuspitoisuus, putkivuodot alapohjarakenteessa, ryömintätilan tuuletuksen vähäisyys, tuuletusaukkojen liian vähäinen määrä. Myös sillä on haitallinen vaikutus, että kantavat palkit jakavat ryömintätilaa ja että ryömintätilassa oli rakennusjätettä ja orgaanista jätettä.

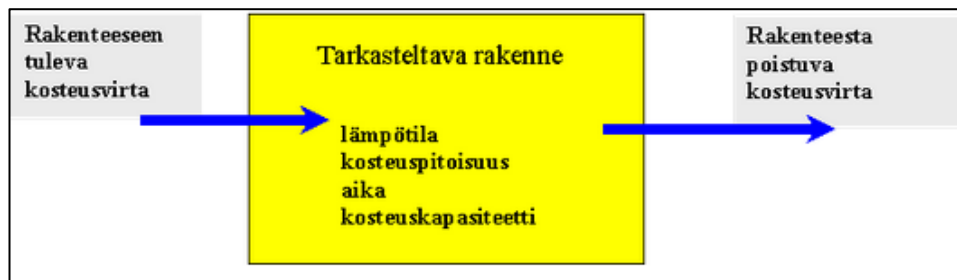


Kuva 49.
sivu 1).

Alapohjan yleisimmät kosteuslähteet (Ratu F13-0356, 2010,

5.4 Kosteuspitoisuuden muodostuminen rakenteisiin

Rakenteiden kosteuspitoisuuteen vaikuttaa rakenteisiin tuleva kosteusvirta, rakenteista poistuva kosteusvirta sekä rakenteen kyky sitoa kosteutta (Kuva 50). Mikäli rakenteeseen tulee enemmän kosteutta kuin sieltä poistuu, alkaa rakenteen kosteuspitoisuus nousta ja rakenne voi vaurioitua. Mikäli rakenteella on suuri kosteudensitomiskyky, kestää kauemmin, että rakenne alkaa vaurioitua kosteuspitoisuuden nousun vuoksi.



Kuva 50. Rakenteiden kosteusvaurioitumisen yleisperiaate (Sisäilmayhdistys 2008).

5.5 Maakosteuden leviäminen

Maaperässä on kosteutta, joka pyrkii siirtymään materiaalista toiseen kapillaarisesti. Kapillaarinen kosteuden siirtyminen huokosalipaineen avulla esimerkiksi maaperästä sokkelirakenteeseen voi tapahtua mihin suuntaan tahansa. Ryömintätilassa maanpintaan kulkeutunut kosteus jatkaa siirtymistään diffuusiolla, jolloin vesihöyryjen osapaineet pyrkivät tasoittumaan. Ilmaan sekoittunut kosteus eli vesihöyry siirtyy ryömintätilassa ilmapirtausten mukana. Ilman sisältämä kosteus voi tiivistyä alapohjarakenteessa ilmaa kylmempää pintaa vasten. (Sisäilmayhdistys 2008).

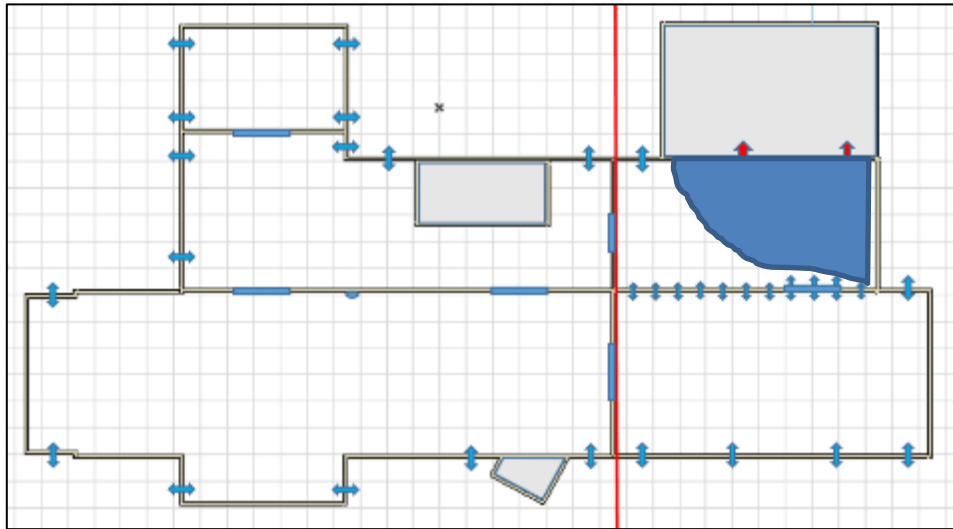
6 RYÖMINTÄTILAN TUULETUS

6.1 Ryömintätilan tuuletuksen määräykset

Määräysten mukaan ryömintätilaan ei saa kerääntyä vettä ja että sen tuuletuksen on oltava toimiva. Tuulettutilaan ei saa jäädä tuulettumattomia katvealueita. Ryömintätilassa ei myöskään saa olla minkäänlaisia orgaanisia aineita eikä siellä saa säilyttää tavaraa. Määräyksissä todetaan myös, että tilan on oltava tarkastettavissa kaikkialta, minkä takia ohjeistus neuvoa ryömintätilan korkeudeksi vähintään 800mm (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

6.2 Tuuletuspaalujen sijainti

Pohjakuvassa (kuva 12) punaisen viivan vasemmalla puolella v. 2003 rakennetun rakennusosan ulkosokkeleihin on sijoitettu yhteensä 16 kpl tuuletuspaaluja, eikä katvealueita ole (Kuva 51). Viivan oikean puoleinen n. 500 m² alue on rakennettu v. 2006 ja oikeassa yläkulmassa sijaitseva harmaa-alue (n. 190 m²) vielä myöhemmin vuosina. Harmaat alueet ovat maanvastaisia pohjarakenteita. Tämän alueen ulkosokkeleihin on sijoitettu yhteensä kahdeksan tuuletuspaalua ja paalujen alkuperäiset sijainnit ovat kattaneet kulma-alueet varsin hyvin ennen kahden paalun sulkemista.



Kuva 51. Tuuletuspaalujen sijainnit.

Oikeassa yläkulmassa sijaitsevan n. 200 m² rakennusosan kohdalla on suljettu kaksi tuuletuspaalua. Sininen väri kuvastaa katve-alueita (Kuva 51).

6.3 Tuuletuspaalujen pinta-alat

Yleisenä suosituksena pidetään tuuletustilan ilman vaihtumista kokonaan kerran kahdessa tunnissa. Tutkimuskohteen tuuletustila on maanpinnan alapuolella, jolloin tuuletuspaalut ovat helpoin ratkaisu järjestää korvausilmareitti ulkoilmasta tuuletustilaan (Kuva 53). Tuuletusaukkojen pinta-aloilla on merkitystä tuuletuksen toiminnan kannalta. Tuuletuspaaluissa ilmanvirtausta heikentävät tuuletuspaalujen hatut ja mutkat, jolloin virtausten heikentymisen kompensoimiseksi katolla on koneellinen poistopuhallin. Tästä syystä keskitytään tarkastelemaan ainoastaan tuuletuspaalujen pinta-aloja ja niiden sijoittelua.

Tuuletuspaalut ovat halkaisijaltaan n. 250mm, jolloin $r = 125$ mm.

$$A = \pi r^2 \quad (1)$$

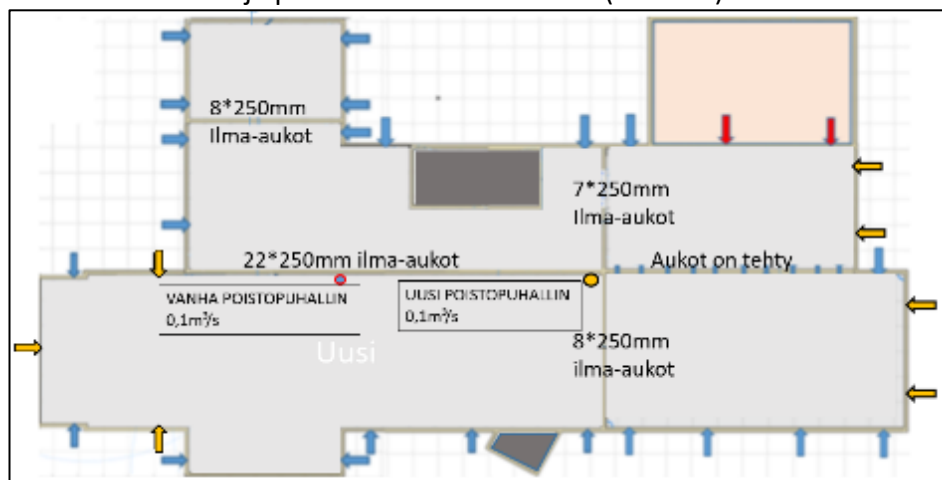
Yhden tuuletuspaalun aukon pinta-ala on n. 490 cm². Vuonna 2003 rakennetun rakennusosan pohjapinta-ala on n. 1000 m², jonka tuuletustilan ilmatilavuus on n.

900 m³. Tämän alueen sokkeleissa on yhteensä 16 tuuletuspaalua, joiden yhteispinta-alaksi tulee 7840 cm².

Ryömintätilan tilavuuteen nähden tulee olla promillen verran tuuletusaukkoja, joten tässä tilassa tarve on lisätä kolme tuuletuspaalua. ($900 \text{ m}^3 / 1000 = 0,9 = 9000 \text{ cm}^2$. $9000 \text{ cm}^2 - 7840 \text{ cm}^2 = 1160 \text{ cm}^2 / 490 \text{ cm}^2 = n. 2,4$. Tulos pyöristetään ylöspäin, joten tarve on kolmelle tuuletuspaalulle.)

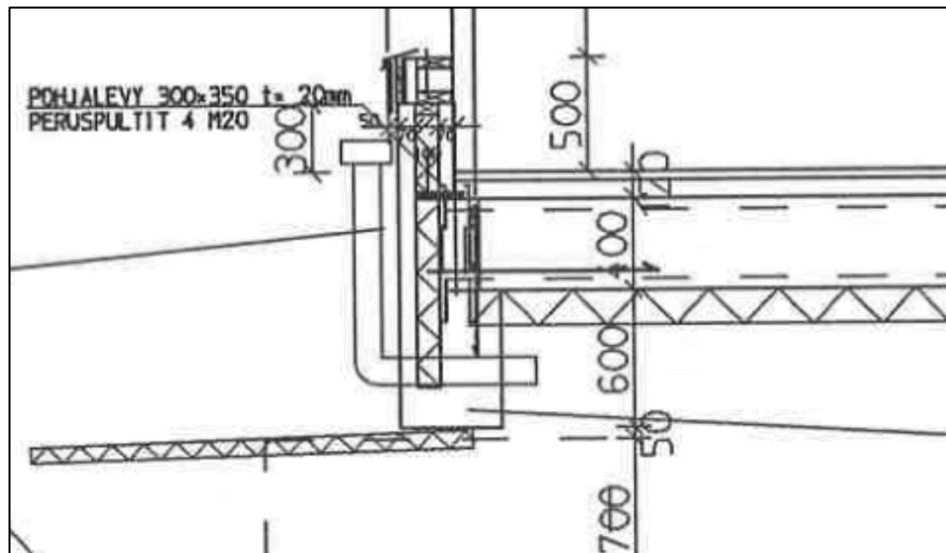
Vuonna 2006 rakennetun rakennusosan pohjapinta-ala on n. 500 m², josta tuuletustilan tilavuus on n. 470 m³. Tämän alueen sokkeleissa on yhteensä kuusi käytössä olevaa tuuletuspaalua, joiden pinta-alaksi tulee 2940 cm². Kun huomioidaan, että ryömintätilan tilavuuteen nähden pitää olla promillen verran tuuletusaukkoja, tulee tarve lisätä neljä tuuletuspaalua.

Jotta promillen tehollinen tuuleuspinta-ala toteutuisi, pitäisi v. 2003 rakennettuun rakennusosaan lisätä kolme tuuletuspaalua ja v. 2006 rakennettuun rakennusosaan neljä tuuletuspaalua. Muutoksien jälkeen alapohjassa olisi yhteensä 29 tuuletuspaalua, joiden yhteispinta-ala olisi 14210 cm². Osastovien palkkirakenteiden (86 jm) yläreunaan on tehtävä tuuletusilman vapaan liikkumisen varmistamiseksi pinta-alaltaan kaksinkertainen määrä tuuletusaukkoja eli 28420 cm². 250 mm reikiä on porattava 1,5 metrin välein 58 kpl, jolloin aukot jakaantuvat palkkeihin tasaisin välein ja pinta-alan ehto toteutuu (kuva 52).



Kuva 52.

Keltaisten nuolten kohdalle lisättävä tuuletuspaalut.



Kuva 53. Leikkauskuva sokkelirakenteesta (Polygon/sisäilmapalvelut).

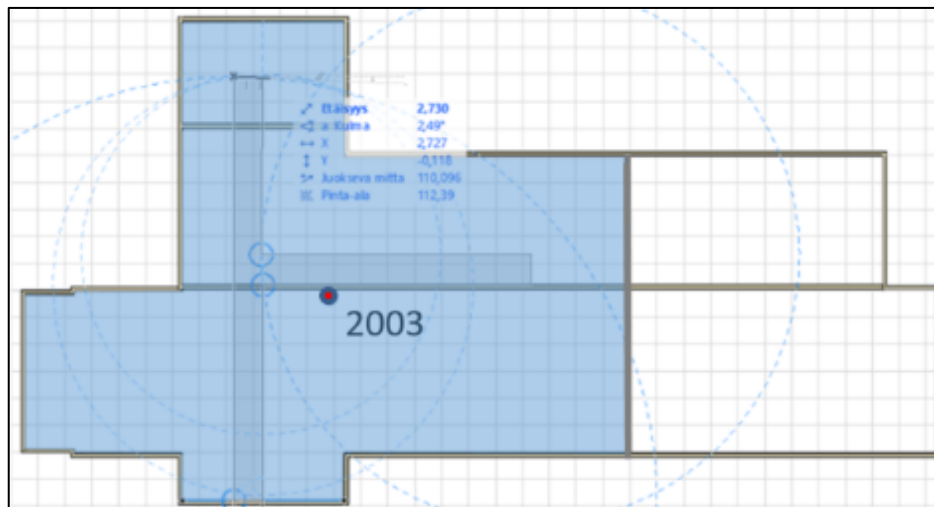
7 POHDINNOT

Rajaan tuulettuvan ryömintätilan karkeasti kahteen osastoon, vuonna 2003 ja vuonna 2006 rakennettuihin rakennusosiin. Tämä rajausta johtuu näiden kahden tuuletusalueen aistinvaraisesti keskenään erilaisista olosuhteista ja havaituista erilaisista vaurioista. Vanhemmalla rakennusosalla on tutkimushetkellä ikää 16 vuotta. Lähtökohtaisesti tuulettuvan ryömintätilan pitäisi olla alipaineisempi alapohjarakenteen yläpuolella olevaan sisäilmaan nähden. Lisäksi alapohjarakenteen liitoskohtien ja läpivientien pitäisi olla täysin ilmatiiviitä. (RT 81-11099)

2003 tehdyn rakennusosan tuuletustila on kuivaa, mutta ilmassa on runsaasti epäpuhtauksia. Tuuletus on toiminut alusta alkaen alimitoitettusti mm. tuuletustilaa osastoivien umpinaisten palkkirakenteiden ja poistopuhaltimen ilmoitetun kapasiteetin, ($0,1 \text{ m}^3/\text{s}$) takia. Ryömintätilan ilman tulisi vaihtua 0,5-1 kertaa tunnin aikana. Vaikka tämän alueen kolmeen eri lohkoon jakavissa palkkirakenteiden yläreunoissa olisi riittävä määrä tuuletusaukkoja tuuletuksen esteettömän toiminnan takaamiseksi, niin tuuletuspaalut yhteisvaikutuksessa poistopuhaltimen kanssa riittäisivät vaihtamaan ilmaa ainoastaan n. 720 m^3 kahden tunnin aikana, vaikka tarve olisi n. 900 m^3 . Todellisuudessa reiät puuttuvat, ja olemassa olevat kantavat rakenteet estävät ilman vapaata liikkumista. Tällä 1000 m^2 alueella toteutunut suunniteltu korkeus on 0,8 m, eli teoriassa vaihdettava ilmamäärä olisi 800 m^3 . Tässä ei kuitenkaan ole huomioitu 1,5 metriä korkeita kanaaleita, joiden pinta-ala on n. 112 m^2 (Kuva 54). Näiden syvänteiden olemassaolon takia ilmatila on todellisuudessa lähes 900 m^3 .

Poistopuhaltimen pitäisi poistaa pelkästään tältä alkuperäiseltä alueelta 125 litraa ilmaa sekunnissa, jotta ilma vaihtuisi kokonaan ”ihanteellisissa, vapaissa

olosuhteissa” kerran kahdessa tunnissa. Tätä tarkastelutapaa voidaan käyttää ainoastaan silloin, kun tuuletuspaaluista tulee ilmaa, ja ainoastaan katolle asennettu poistopuhallin vie kosteaa ja epäpuhdasta ilmaa alapohjan tuuletustilasta pois.



Kuva 54. Ryömintätilan putkikanaalin sijainti.

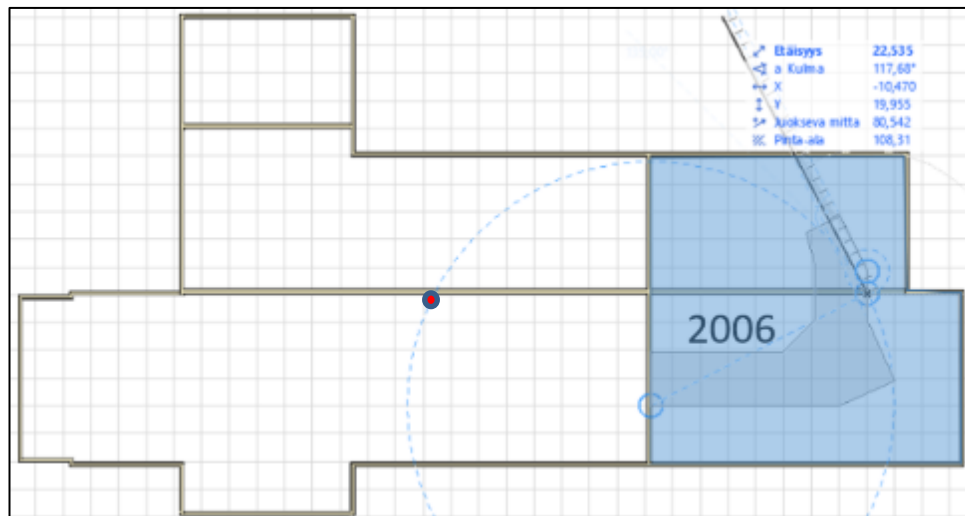
Rakennuksen valmistumisen jälkeen ryömintätilaan on jätetty rakennusaikaista orgaanista materiaalia, joka on vuosien saatossa alkanut hajoamaan ja muuttunut ilmassa leijuvaksi kuivaksi tomuksi. Nämä epäpuhtaudet ovat levittäytyneet epä-määräisten ilmavirtausten aiheuttamien pyörteiden mukana koko alalle laskeutuen maaperän alkuperäisen sorastuksen päälle. Maaperästä nouseva maakosteus on osaltaan sitonut laskeutuneen orgaanisen humuksen alkuperäisen sorastuksen pinnalle. Kuluneiden vuosien aikana on tapahtunut myös muita asioita, joiden negatiivista vaikutusta alapohjarakenteen tuuletustilan ilmanlaatuun ei voi sivuuttaa.

Tehtyjä muutoksia ovat mm. pohjaratkaisumuutosten myötä uudet läpiviennit, jotka on tiivistetty kyseenalaisesti, tai jätetty kokonaan tiivistämättä. Vanhojen läpivientien käytöstä poistaminen on tehty myös huolimattomasti. Alapohjassa valitsevan ylipaineen vaikutuksesta epäpuhdasta ilmaa kulkeutuu epätiivien läpivientien kautta lattiarakenteeseen sekä sen läpi sekoittuen sisäilmaan. Ontelolaatatarkenteen alapintaan uretaanivaahdolla liimatut eristelevyt ovat pysyneet lujaasti paikoillaan kuivempien olosuhteiden ansiosta, vaikka saumat on jätetty tiivistämättä.

2006 rakennetun laajennusosan alapohjan tuuletustilan olosuhteet ovat aistinvaraisesti havaittuna selvästi kosteammat eikä ilmassa leijaile epäpuhtauksia. Alueen yläreunassa sijaitsevien tuuletuspaalujen käytöstä poistaminen on pysäyttänyt ilman liikkeen totaalisesti.

Tilan keskivaiheilla olevassa kantavassa betonipalkissa on n. 150 mm ilmareikiä lähes metrin välein, ja tämä tasaa näiden 200 m² ja 300 m² olosuhteet samanlaisiksi. Poistoilmaputki on sijainniltaan kaukana vanhemmalla puolella, joten sen vaikutus ilman liikkeeseen on täysin olematon.

Tilassa on orgaanista materiaalia, jossa on näkyviä lahovaurioita. Eristelevyjä on pudonnut maahan ja useita on irtoamaisillaan.



Kuva 55. Ryömintätilan putkikanaalin sijainti.

8 YHTEENVETO

Vuonna 2003 rakennetun alapohjan tuuletustilassa tehtyjen havaintojen perusteella ilmanvaihtuminen on riittänyt poistamaan tilaan muodostunutta kosteuskuormaa. Ilmassa on kuitenkin runsaasti epäpuhtauksia ja maaperän karkean sorastuksen pintaa peittää osittain humuskerros. Epäpuhtaudet ovat peräisin ryömintätilaan jätetystä orgaanisesta materiaalista sekä kuluneiden vuosien aikana tapahtuneista viemäriputkivuodoista, joiden korjaamisen yhteydessä vuotojälkiä ei ole puhdistettu. Viemäriputkien kannakointien puutteet ovat myös saattaneet olla syynä aiemmin sattuneisiin vuotovahinkoihin. Talotekniikan asennuksissa havaittiin lukuisia virheitä ja puutteita kannakoinneissa sekä kokonaan kannakoidmatta jätettyjen johtojen ja putkien osalta. Epätiiviitä kohtia on runsaasti lämmöneristelevyjien saumoissa, läpivientien tiivistyksissä ja osittain lämmöneristeitä puuttui kokonaan.

Vuonna 2006 rakennetun alapohjan tuuletustilassa tehtyjen havaintojen perusteella ilmanvaihtuminen ei ole riittänyt poistamaan tilaan muodostunutta kosteuskuormaa. Tilaan jätetyssä orgaanisessa materiaalissa hajoamisprosessi on edennyt pitkälle ja näkyviä lahovaurioita on havaittavissa. Maanpinta on tummunut kosteudesta. Lämmöneristelevyjä on pudonnut maahan ja lisää on putoamaisillaan. Kahden suljetun tuuletuspaalun takia ryömintätilaan on muodostunut laaja katvealue (Kuva 51). Tilan korkea kosteuskuorma ei pääse tasaantumaan uudemman ja vanhemman rakennusosan välillä osastoivien palkkirakenteiden takia.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Merkittävimpinä sisäilmaongelmia aiheuttavina tekijöinä voidaan luetella neljä pääkohtaa, joilla on osaltaan vaikutusta maakellarimaisen hajuhaitan syntymiseen alapohjarakenteen tuuletustilassa. Näitä ovat alapohjan heikko tuuletus, ryömintätilan ja sisäilman väliset painesuhteet, orgaaninen materiaali ryömintätilassa ja epätiiviit kohdat alapohjarakenteessa.

Ulkoilmasta ei tule käytössä olevien tuuletuspaalujen kautta riittävästi eikä tasapuolisesti kuivempaa ilmaa kaikkiin tuuletettavaksi tarkoitettuihin tiloihin. Lisäksi kahden käytöstä poistetun tuuletuspaalun vaikutusalueella on muodostunut tuuletuksen kannalta katvealue. Osastoivat palkkirakenteet estävät ilman vapaata liikumista tuuletustilassa. Katolla sijaitsevan poistoilmapuhaltimen ilmoitettu kapasiteetti $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ on myös alimitoitettu ryömintätilan ilmatilavuuteen nähden. Poistopuhaltimen putken alaosa ei ylety tuuletustilaan, vaan jää ontelolaattarakenteen sisään, jolloin imu kohdistuu suurimmaksi osaksi onteloon, ja samalla heikentää tuuletustilan ilman poistumista. Puutteellisen tuuletuksen takia tuuletustilan kosteuskuorma on noussut korkeaksi. Korkea kosteuspitoisuus on siirtynyt eristeiden tiivistämättömien saumojen kautta lämmöneristerakenteen ja ontelolaattojen väliin, jolloin lämmöneristeen kiinnitys on vaurioitunut ja kiinnitysmekanismi on pettänyt. EPS-eristelevyjä on pudonnut maahan ja lisää on putoamassa. Eristeiden irtoaminen aiheuttaa lämpövuotoa sisältä alapohjaan päin.

Tuuletuksen riittävyden varmistamiseksi sivuilla 30-31 on määritelty laskelmilla, minkä verran ja mihin ulkosokkeleiden kohtiin olisi hyvä lisätä tuuletuspaaluja. Myös osastoivien palkkirakenteiden yläreunaan pitää tehdä tuuletusaukkoja. Näiden tuuletusaukkojen yhteispinta-alan pitää olla kaksinkertainen määrä ulkosokkeleiden tuuletusaukkojen pinta-alan nähden. Miten ne kannattaa sijoitella, on mainittu opinnäytetyössä sivulla 31, kuvassa 52. Poistopuhaltimen putki pitää myös jatkaa alapohjarakenteen ryömintätilaan asti ja jakaa alapohjan alla esimerkiksi neljään eri suuntaan katvealueiden minimoimiseksi. Tällöin poistopuhaltimen imukapasiteetista saa parhaan mahdollisen hyödyn irti ja imu kohdistuu oikeaan paikkaan. Jotta tuuletettavan ryömintätilan ilma vaihtuisi kokonaan kerran kahdessa tunnissa, on lisättävä toinen poistopuhallin tehostamaan ilman vaihtumista.

Ilmanvaihto on säädetty hiljakkoin. Rakennuksen sisätilojen vapaa korkeus on enimmillään lähes 9 metriä. Korkeuserojen takia paine-erojen neutraaliakseli sijaitsee n. 3,5-4 metrin korkeudessa eli reilusti sisätilan oleskeluvyöhykkeen yläpuolella, jolloin oleskeluvyöhykkeellä on alipaineisempaa ja katon rajassa ylipaineisempaa. Tällaisissa korkeissa tiloissa neutraaliakselin korkeus ja sen yläpuolelle muodostuva ylipaine saattaa muodostaa kosteuden tiivistymisongelmia yläpohjarakenteisiin.

Sisäilmaongelmaan viittaavaa hajuhaittaa havaitulla alueella on myös useita kohdepoistoja, joille ei ole järjestetty erillistä korvausilmaa. Tämän takia alipaine on suurimmillaan aivan lattiarajassa. Ilmanvaihdon uudelleen suositeltavan mitoituksen ja säätämisen avulla saatetaan pystyä vähentämään sisätilan ja alapohjan

välistä paine-eroa jonkin verran. Kohdepoistoille on suositeltavaa järjestää oma korvausilma, jolloin puhaltimien käytöstä aiheutuva lisäilman tarve ei lisää edes hetkellisesti paine-eroja ruuanvalmistustilojen ja ryömintätilan välillä.

Alapohjaan on jätetty orgaanista rakennusaikaista puutavaraa ja muuta epäorgaanista rakennusjätettä. Lisäksi kuluneiden vuosien aikana on tapahtunut viemäriputkien irtoamisia, joiden korjaustyön yhteydessä ei ole näiden vahinkojen osalta huolehdittu epäpuhtauksien poistamisesta riittävän hyvin. Riittävän kosteat ja lämpimät olosuhteet ovat vaikuttaneet alapohjaan jätettyyn orgaaniseen materiaaliin siten, että mm. puumateriaalissa on alkanut hajoamisreaktio, jolloin on syntynyt erilaisia epäpuhtauksia. Nämä ovat aiheuttaneet mm. mikrobikasvustoa eristerakenteisiin. Tuuletustilan ilma sisältää paljon epäpuhtauksia ja kuvatus kaltaisen orgaaninen hienoaaines laskeutuessaan maanpinnalla olevan karkean sorastuksen päälle on muuttunut humusmaiseksi kerrokseksi. Kaikki orgaaninen materiaali on poistettava. Vanhat käytöstä poistetut ja paikoilleen jätetyt viemäriinjat on myös purettava kokonaan pois, koska viemäriputket sisältävät jo käyttötarkoituksensa takia paljon epäpuhtauksia, ja tällaiset saattavat osaltaan huonosti tulpattuna huonontaa ryömintätilan ilmanlaatua.

Alapohjassa havaittiin epätiiviyyksiä mm. talotekniikan läpivientien ja kulkuluukujen osalta. Ryömintätilan heikon tuuletuksen ja korkean kosteuskuorman takia ilmassa leijuvat epäpuhtaudet kulkeutuvat paine-erojen vaikutuksesta epätiiviyksireittejä pitkin alapohjarakenteen läpi sisäilmaan aiheuttaen havaittua maakellari- maista hajuhaittaa. Suositusten mukaan ryömintätila pitäisi saattaa alipaineiseksi sisäilmaan nähden. Käytännössä case-kohteen alapohjarakenteen välillä vallitsevien painesuhteiden kääntäminen päinvastaisiksi on haastavaa tai lähes mahdotonta. Tämän takia varmin tapa estää epäpuhtauksien kulkeutuminen alapohjarakenteen läpi on ilmanvuotokohtien huolellinen tiivistäminen.

Tässä työssä tehtyjen tutkimusten avulla on tuotu esille sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä havainnoimalla eri tavoin alapohjarakenteen tämän hetkistä tilannetta, minkälaisia olosuhteita, puutteita ja vikoja havaittiin ja miten ne sijoittuvat alapohjarakenteeseen suhteessa niihin sisätiloihin, joissa ongelmia on esiintynyt.

LÄHTEET

Fise. (2018). Ryömintätilaisen alapohjan kosteuden poisto ei toimi. Haettu 20.3.2019 osoitteesta
<https://fise.fi/virhekortti/ryomintatilaisen-alapohjan-kosteuden-poisto-ei-toimi/>

Sisäilmayhdistys. (2008)a. Ilmanpaine-erot. Haettu 26.4.2019 osoitteesta
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>

Sisäilmayhdistys. (2008)b. Ilmavirtaukset rakennuksessa. Haettu 26.4.2019 osoitteesta
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>

Sisäilmayhdistys. (2008)c. Sisäilmaoireet. Haettu 2.4.2019 osoitteesta
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>

Sisäilmayhdistys. (2008)d. Tuuletetut rakenteet. Haettu 28.4.2019 osoitteesta
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Tuuletetut-rakenteet>

Ratu F13-0356. (2010). Tuuletetun alapohjan puurakenteiden purku ja uusiminen, alapohjan ilmanvaihdon ja lämmöneristyksen uusiminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 12.3.2019 osoitteesta
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20F13-0356>

RT 80-10712. (1999). Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 15.4.2019 osoitteesta
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2080-10712>

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2. (1998). Haettu 24.4 osoitteesta
<http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/ (2017). Annettu 24.11.2017. Haettu 15.3.2019 osoitteesta
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782#Pidp448099184>